

海外における橋梁工事の安全管理

田邊 顕*1・利波 宗典*2・浅山 愛郎*3・中 隆司*4

海外における橋梁工事の安全管理というテーマで寄稿したが、海外工事だからといって特別なことがあるわけではない。工事の規模が国内と比べて大きいこと、安全意識にばらつきのある多数の作業員を管理していかなければならないことなどが国内の工事との違いである。橋梁工事に特有な安全管理という点で、高所作業、重量物の吊上げ、仮置き・支保、運搬、緊張作業、既存インフラ（道路・鉄道）上空での作業という観点から重要と思われる点を述べた。

キーワード：高所作業、重量物の取扱い、緊張作業、既存インフラ上空での作業

1. はじめに

今回、「海外における橋梁工事の安全管理」というテーマで執筆するが、紙面にもかぎりがあるため個別の国の法令や発注者の安全管理への取組みなどについて記載してもその当該国で工事をする予定の読者以外には参考にならないため、割愛する。本稿では将来海外で工事を行う可能性のある橋梁技術者を対象とし、われわれ日本のコントラクターが施工することの多い、所謂発展途上国での安全管理に絞ることとする。欧米やシンガポール、香港など、すでに十分な工事实績があり、日本と同等あるいはそれ以上の安全管理が求められる国については対象外であると考えていただきたい。なお、参考までに筆者の海外工事の経験国は、UAE（ドバイ）、スリランカ、ラオス、中国である。

2. 海外工事の特徴

2.1 工事の規模

今更いうまでも無いが、海外のプロジェクトは発注ロットが大きい。たとえば、筆者の経験したスリランカの高速度道路工事は施工延長が32.5 kmあった。そのため、建設作業に従事する作業員の数は日本とは比べ物にならないほど多い。たとえば、ピーク時の作業員の数が3500人だったとすれば、月初の安全大会を実施するにしても10分割して開催日や場所を変えて実施するしかない。また、3500

人いるローカルの作業員それぞれの安全意識や建設作業経験の幅は非常に大きい。同様に、これだけの数の作業員を管理する側（われわれコントラクターのスタッフ）も多数の技術者を必要とし、彼らの安全意識・工事経験はまちまちである。このような安全意識に幅のある作業員を使って作業することをわれわれコントラクターの管理組織側は十分理解した上で、危険予知をして計画をしていかなければならない。日本と同じ意識で臨めば、深刻な災害が起きかねない。

2.2 Safety specialist

海外プロジェクトの場合、ほとんどでエンジニア・コントラクターのそれぞれに Safety specialist の配置が求められる。資格要件としては、工学系の学位（大学の工学部卒）が求められることが多い。しかし、一般に発展途上国では建設系の安全に対する専門家というのは非常に少なく、工場での安全を専門に勉強してきた技術者（Factory engineer）が建設の世界にも足を踏み入れていることが多い。つまり、彼らは土木工学の専門的知識が乏しいため、土木工事特有のより本質的な危険を察知することが難しいように感じる。彼らが毎月の Safety patrol で指摘することは、工具の安全装置が使用されていないかとか、アースが適切に行われていないか、安全帯を使用していないかなど、決して些末とはいわないが、いつも同じような指摘に留まることが多い。しかしながら、橋梁工事では後述するよう



*1 Akira TANABE

大成建設(株)
国際支店土木部



*2 Munenori TONAMI

大成建設(株)
土木技術部



*3 Airo ASAYAMA

大成建設(株)
国際支店土木部



*4 Takashi NAKA

大成建設(株)
土木技術部

に重量物を取り扱うことが多いため、深刻な災害に繋がる可能性が高く、そういう潜在的な危険に対しては、われわれ日本人の橋梁技術者が、日本ですのと同様に本質的な技術的内容を補っていかなければならない。次章より、そのような内容にポイントを絞って書くことにする。

3. 橋梁工事に特有の安全とは何か？

橋梁工事の安全管理を語るうえで、橋梁工事に特有の安全とは何かと考えた場合、以下の6項目に集約できると考える。以下、これら6項目について「海外での工事」という観点に沿って特徴を述べていくことにする。これらは、現場での日々の確認に加え、施工計画の段階でほぼ安全性が決まってしまうことも多いことが特徴である。

- 1) 高所作業
- 2) 重量物の吊上げ
- 3) 重量物の仮置き・支保
- 4) 重量物の運搬
- 5) 緊張作業
- 6) 既存インフラ（道路・鉄道）上空での作業

4. 海外での橋梁工事の安全管理

4.1 高所作業

海外での工事であっても安全帯の使用と転落防止設備（親綱・手摺など）の設置が安全管理の根本になるのは変わらない。2.で述べたように安全意識に大きな差がある多数の作業員にどうやって安全帯を使用させ、転落防止設備を設置させるかというところが違うと思われる。やり方はいろいろ有り、性善説に基づく成果評価方式であれば日本のように「安全に模範的に取組んだ作業員を表彰」するなどの方法がある。一方で、性悪説に基づく管理方式であれば「安全帯無しで作業をしていた人間を見つけ次第罰金を課す」などの方法もある。筆者の個人的な感想としては、性悪説に基づく管理方式の方が効果が見られた。

転落防止設備を整えすぎると逆に安全帯を携帯するだけで安心し、一時的に生じる開口部からの転落などがっかりすることが起きる。つねに高所から落下したら大変なことになるという緊張感を保つことも重要である。

4.2 重量物の吊上げ

ポステン桁やプレキャストセグメントなど、100t近い重量物をいかに安全に吊るかというのが安全上のポイントである。移動作業車での施工もこの吊る行為に含まれる。吊ワイヤーのコンディションの定期点検は勿論のこと、繊維の破断を感知する光ファイバー入りナイロンスリングの使用などを検討（確実に点検がされているかのダブルチェックも重要）することも重要である。

また、組立て筋などの溶接時における移動作業車の吊鋼棒へのアースの厳禁（筆者が経験した現場では、ベトナム人作業員が溶接を多用する傾向があったので注意が必要であった）も、PC鋼棒破断による重大災害の防止に必須である。

吊治具の設置（吊金具をコンクリート躯体に埋め込む、PC鋼材の端部を球根状に加工して、コンクリート躯体へ直埋めするなど）による安全・確実な重量物の吊上げが重

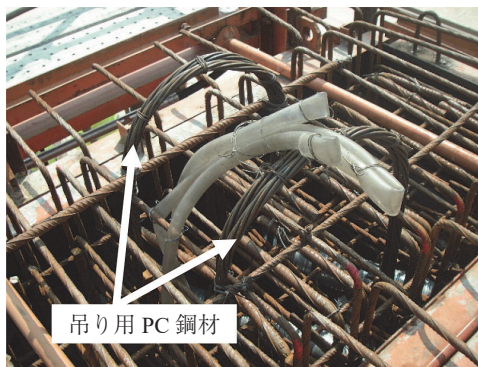
要なのはいうまでもない。写真 - 1 はポステン桁の吊り方を示しているが、吊ワイヤーがT桁フランジ部で擦れていたり、ウェブ下端では保護鋼材が使用されているもののワイヤーは角折れしており、どちらの箇所でも破断のリスクがある。これに対し、写真 - 2 はPC鋼材の両端を加工機で球根状に加工してコンクリート躯体に埋め込み、吊っている事例である。比較的簡易な構造であるが、安全に吊ることができる。

プレキャスト桁の吊上げ時に吊り方の影響で桁に軸力が作用して桁が座屈する可能性がある。事前の設計検討が必要である。

いうまでもないが、重量物を吊る上でクレーンの安定検討（作業半径と許容重量、クレーンの足元が堅固であるかなど）は必須である。



写真 - 1 ポステン桁の吊り方 ①



(a) フランジ上面より



(b) 吊り用PC鋼材



(c) 吊り状況

写真 - 2 ポステン桁の吊り方 ②

4.3 重量物の仮置き・支保

一度吊り上げたポステン桁をトレーラーに載せる、仮置き場に降ろすなど、重量物をあずける際の安全管理上のポイントを述べる。支保工上の施工も重量物をあずけるという行為の一部（支保工計画・計算・支保工下の状態が堅固であるかどうか）である。

たとえば、ポステン桁を仮置きする際に支間中央に支点を設けたら桁に有害なひび割れが発生することは橋梁技術者であれば常識であるが、支点の下が堅固であるかどうか（地盤のみならず、桁の下に置くバタ角なども含む）も非常に重要な検討要素である。写真 - 3 は桁の仮置き時に、支点部に不適切な木材を使用した例を示している。このような木材は重量に負けて割れたり、つぶれたりするため、桁の転倒にもつながりかねないので要注意である。作業員は重い鋼材などを運ぶのを嫌がり、軽量の木材などを使用しがちであるため、このような不適切な木材は仮置き場に置かないことが重要である。写真 - 4 は写真 - 3 の改善例で、鋼材を用いて桁をうけている。作業員は重い鋼材を運ぶことを嫌がるが、仮置き作業中の桁が転倒するリスクは格段に小さくなる。



写真 - 3 不適切な木材を桁の支点に使用した例



写真 - 4 写真 - 3 の改善例（鋼材でうける）

4.4 重量物の運搬

プレキャスト桁やセグメントなどをトレーラーなどで運搬する際の安全管理について述べる。

まず、輸送路は堅固でかつ重量物を積載したトレーラーが登れる傾斜となるように計画・実施することが重要である。たとえば、湿地を改良した仮設道路上を桁の運搬に使用する場合、トレーラーが安定して走行できるように改良することは勿論、未改良の部分を走れば転倒の危険があるため、走行が可能な範囲を明示することが重要である（未改良の部分を通すれば、そこで車輪が沈下してしまうからである）。写真 - 5 は仮設道路の境界をテープで明示し

た例である。仮設道路上で、ダンプや生コン車とすれ違う際、ついつい未改良の部分に寄ってしまいがちだが、境界が明示されていればそのリスクは格段に小さくなる。

移動式架設桁を使用してポステン桁を架設する場合、架設済みの桁の上を桁の運搬路にするケースがある。その際の留意点としては、運搬路として使用する部分については隣り合う桁同士を横桁で接続して構造的に安定させることが重要である。また、多少スピードが遅くはなるが専用の台車に受け替えてレールの上を運搬することが望ましい。タイヤで桁上を輸送路として運搬した場合、パンクなどが起きバランスが崩れ、積んでいた桁が転倒してしまい、架設済みの桁もとともに崩壊する大規模な災害につながるおそれがある。写真 - 6 は架設済みの桁の上にレールを設置し、専用の台車で桁の運搬をしている事例である。

そのほか、運搬路の凹凸により桁に作用するねじりを吸収できるようにトレーラーの構造に球面状のベアリングを使用するなどの配慮も重要である。また、桁を運搬中のトレーラーが公道を横切るときの交通規制のためにフラッグマンを何人どのように配置するかなどの計画も重要である。



写真 - 5 仮設道路境界をテープで明示した例



写真 - 6 桁の上をレールと専用の台車で運搬する例

4.5 緊張作業

プレストレストコンクリートの根幹をなす作業は何といっても PC 鋼材の緊張作業といえるだろう。日本では緊張管理グラフを用いて、検査官立会いの下で行われる緊張管理プロセスを海外でも確実に実施することが重要である。緊張作業に先立ち、支圧板近傍のコンクリートの状態を確認（豆板などの欠陥の有無）することは勿論、万が一、緊張作業中に PC 鋼材が破断した場合の安全対策なども確実に実施することが望まれる。

また、緊張作業を担当する技術者は、緊張管理における

最低限の設計的な背景を理解し、緊張中のトラブルを察知しなければならない。緊張中に鋼材の伸びが明らかに理論値よりも小さいにも関わらず、緊張を続ければ程なく鋼材が破断し、重大災害に至る可能性が高い。写真 - 7 は PC 鋼材の緊張作業を作業員だけで実施している例を示している。写真手前の白い機器がジャッキと連動しており、作業員はこの機器を頼りに緊張作業を行っている。しかし、作業員は肝心の理論については理解していないため、トラブルの察知は難しい。このようなブラックボックス的な機器を介して緊張作業を行うのは非常に危険である。

写真 - 8 は海外の事例であるが、日本と同じように緊張管理グラフ（ラップトップの中にデータを落として描画）を用いて、検査官立会いの下緊張作業を実施している。

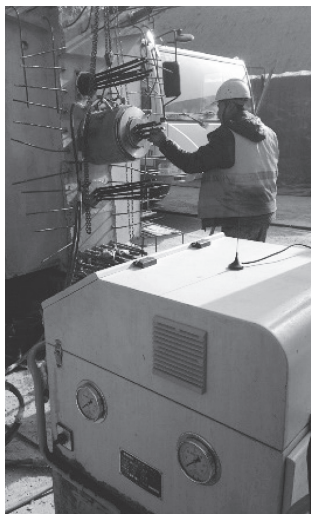


写真 - 7 緊張作業を作業員だけで実施している例



写真 - 8 一般的な緊張作業の例

4.6 既存インフラ（道路・鉄道）上空での作業

橋梁工事が既存インフラ（道路・鉄道）の上空で行われることは海外工事にかぎったことでは無いが、日本でするようなデリケートな管理は望めないため、その国の実情に見合った計画の立案が重要である。たとえば、既存道路上空に橋を作る場合、一時的な道路の移設が可能であれば道路を移設して上下作業にならないようにすることが考えられる。

写真 - 9 は既設道路の上空に桁を架設するために道路を切り替えた例を示している。桁の架設完了後に落下防止

ネットなどを桁の下に整備したのち、既存道路を再度振りなおして開通した。

鉄道の様に、一時的な移設が困難な場合は、鉄道の運行の無い時間帯（深夜～早朝）にプレキャスト桁を架設するなどの方法を考える。

移動作業車による張出し施工やスパンバイスパンなど、やむを得ず道路や鉄道上空で長時間の作業をしなければならない場合、適切な防護工を設置する。作業員がうっかり何かを落とすことは必ず起きるものとして計画するべきである。



写真 - 9 既存道路の上空に桁を架設するために道路を切り替えた例

5. おわりに

海外だからといって何か特別な管理があるわけではない。しかし、見る範囲が広い、不注意な作業員が比較的多い、信頼に足るスタッフの確保が難しいといった状況のなかで、如何にわれわれコントラクターの管理側が危険を予知し計画をするか、そして安全上のポイントを配下のスタッフに教え込み、現場での管理にあたらせるかというところが海外工事での安全管理上のポイントと思う。たとえば、新しい工種に着手してすぐの段階では、日本人社員が担当のスタッフと一緒にきめ細かく作業観察し、リスクを拾い出し、その低減を図り、当該作業が定常化してから配下のスタッフに任せるなどの方法も有効である。同じ作業の繰り返し（たとえば、筆者の経験したスリランカの高速度道路工事では、ポステン¹の I 桁を 2000 本製作した。）も日本とは比べ物にならないくらい多いため、慣れによる緊張の緩みが出易いのも海外工事の特徴といえる。そのような気の緩みが起きないように、管理側のスタッフには定型の書類で毎日報告させるなど、一方通行の任せきりにしないことも重要である。泥棒も多く、手の届く範囲の足場を盗まれて、足場を降りてきたら階段の下が無くなっていて落下するという驚くべき災害も起きている。日々作業開始前に足場を点検して、「確認済み」の表示をした足場以外は使用しないなどの「見える化」や「ルール化」がとても重要である。

最後に、どんなに対策を講じても予期せぬ災害が日本以上に起きやすいのが海外工事であるため、最低でも二の手を打っておくダブルセーフティの考えが必要である。

【2020年1月10日受付】